



71 Anmelder:  
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

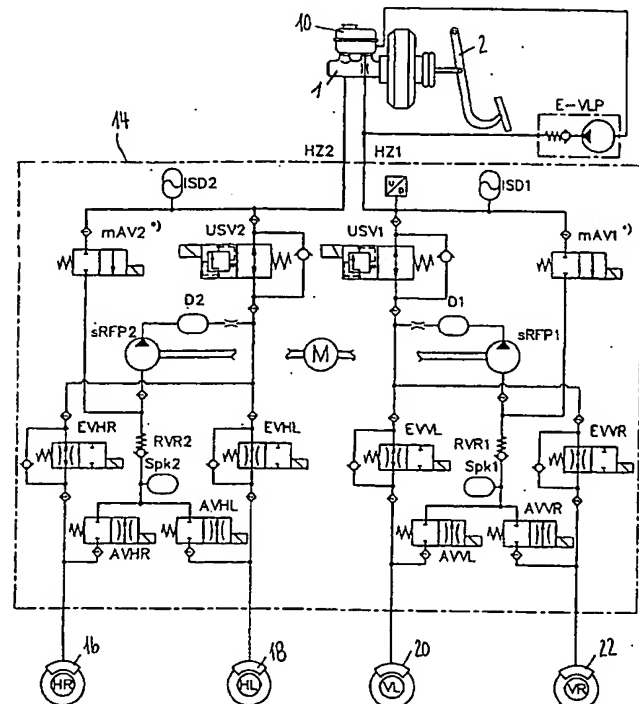
72 Erfinder:  
Gerdes, Manfred, 71735 Eberdingen, DE

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

54 Verfahren zur Abschätzung des Druckes in einem Radbremszylinder und Steuereinheit zur Durchführung des Verfahrens

57 Verfahren zum Abschätzen des Druckes bzw. Druckhubes in einem Radbremszylinder, insbesondere im Rahmen einer Fahrdynamikregelung, mit folgenden Schritten:

- Berechnung einer einem aktuellen Reglerzyklus zuordenbaren effektiven Ansteuerzeit ( $uVentHiRes$ ) eines den Radbremszylinder beaufschlagenden PWM-angesteuerten Ventils auf der Grundlage einer von einem Steuergerät im Rahmen des aktuellen Reglerzyklus vorgebbaren tatsächlichen Ansteuerzeit ( $toffen$  bzw.  $uVentRad$ ) und/oder einer einem vorangegangenen Reglersystem zuordenbaren effektiven Ansteuerzeit und eines betüglig eines Maximalhubes relativen Ventilhubes ( $xVentil$ ),
- Berechnung eines Druckhubes ( $dpRad$ ) des Radbremszylinders zwischen zwei aufeinanderfolgenden Reglerzyklen auf der Grundlage
  - einer von dem Steuergerät abrufbaren Druck/Volumen-Kennlinie ( $pvKenn$ ) des Ventils,
  - einer wirksamen Druckdifferenz ( $pdVent$ ) über dem Ventil, und
  - der berechneten wirksamen Ansteuerzeit ( $uVentHiRes$ ).



Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Abschätzen des Druckes in einem Radbremszylinder, insbesondere im Rahmen einer Fahrdynamikregelung, und eine Steuereinheit zur Durchführung des Verfahrens.

Bei einer Fahrdynamikregelung ist eine möglichst genaue Kenntnis des Druckes in den jeweiligen Radbremszylindern zur Durchführung einer effektiven und möglichst geräuschlosen Regelung notwendig. Aus der US 5,154,491 ist ein Verfahren zum Schätzen derartiger Drücke im Rahmen einer Fahrdynamikregelung bekannt. In diesem Zusammenhang ist ferner auf die WO 92/05986 hinzuweisen. Dort wird ein Antiblockiersystem beschrieben, bei dem mit Hilfe mehrerer Meß- und Schätzgrößen ein Sollsclupf ermittelt wird, der mit einem Istsclupf verglichen wird. Die Abweichung wird zusammen mit anderen Größen in einen Sollbremsdruck umgesetzt, der dann in eine Ventilansteuerzeit umgewandelt wird.

Die bekannten Verfahren erweisen sich in der Praxis als relativ aufwendig.

Aufgabe der Erfindung ist daher die Schaffung eines Verfahrens, mit dem ein in einem Radbremszylinder herrschender Druck bzw. eine dort herrschende Druckänderung (bzw. Druckhub) in einfacher Weise abschätzbar ist sowie Bereitstellung einer Steuereinheit zur Durchführung des Verfahrens.

Diese Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 und einer Steuereinheit mit den Merkmalen gemäß Patentanspruch 6.

Erfindungsgemäß ist nun eine Schätzung von, insbesondere im Rahmen einer Fahrdynamikregelung, auftretenden Radbremszylinderdrücken in einfacher und zuverlässiger Weise durchführbar. Ebenso ist das erfindungsgemäße Verfahren bei allen die Bremswirkung beeinflussenden Systemen bzw. Regelungen für die Fahrstabilität und/oder Sicherheit eines Fahrzeugs einsetzbar bzw. ist durch eine entsprechende Steuereinheit durchführbar.

Insbesondere bei Fahrdynamikregelungen, welche hohen Komfort- und Sicherheitsansprüchen genügen, erfolgt eine Schlupfregelung über eine Ansteuerung von Einlaßventilen mit PWM-Endstufen (sogenannte LMV-Ventile, leises bzw. lineares Magnetventil) wobei der hierbei im Radbremszylinder entstehende Druckaufbau mit guter Genauigkeit geschätzt werden muß. Das erfindungsgemäß vorgestellte Verfahren bzw. der entsprechende Algorithmus eignen sich in besonderer Weise hierfür. Mittels des vorgestellten Verfahrens ist eine weitgehende Softwaremodularität des Fahrdynamik-Regelalgorithmus insbesondere auch in Verbindung mit LMV-Ventilen durch die Nutzung der Radventilansteuerzeit als Schnittstellengröße realisierbar.

Vorteilhafte Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Verfahrens sind Gegenstand der Unteransprüche.

Zweckmäßigerweise erfolgt das Abschätzen des Druckes in dem Radbremszylinder auf der Grundlage eines in dem vorangegangenen Reglerzyklus festgestellten Druckes und des in einem aktuellen Reglerzyklus berechneten Druckhubs.

Es ist bevorzugt, bei der vom Steuergerät vorgegebenen Ansteuerzeit und/oder bei der Berechnung der effektiven Ansteuerzeit eine Stromabsenk- bzw. anstiegszeit  $\Delta T$  des Ventils zu berücksichtigen.

Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform wird als Bedingung für eine Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens eine voreinstellbare Mindestdruckdifferenz über dem Ventil festgestellt. Durch diese Maßnahme wird verhindert, daß große Relativfehler, welche im Falle von zu kleinen Druckdifferenzen über dem Ventil auftreten, zu einer ungenauen Abschätzung des Druckes führen.

Das erfindungsgemäße Verfahren bzw. eine Steuereinheit zur Durchführung des Verfahrens eignen sich insbesondere für eine Ansteuerung eines stromlos offenen Einlaßventils, welches einen Radbremszylinder beaufschlagt.

Das erfindungsgemäße Verfahren wird nun anhand eines bevorzugten Ausführungsbeispiels, welches in Form eines Algorithmus realisiert ist, weiter erläutert. Dieser Algorithmus wird dabei in einer Steuereinheit abgearbeitet oder ist zu diesem Zweck auf einem Datenträger abgelegt. Hierbei zeigt

Fig. 1 ein Ausführungsbeispiel einer elektrohydraulischen Bremsanlage, bei welcher das erfindungsgemäße Verfahren vorteilhaft anwendbar ist, und

Fig. 2 ein Flußdiagramm zur weiteren Erläuterung des erfindungsgemäßen Verfahrens.

Fig. 1 zeigt ein Ausführungsbeispiel einer elektrohydraulischen Bremsanlage. Sie zeigt einen Hauptbremszylinder 1 mit Vorratsbehälter 10, an den ein vom Fahrer betätigbares Bremspedal 2 angebracht ist. Ferner ist ein Hydroaggregat 14 vorgesehen, welches Ventile und Pumpenanordnungen zur Steuerung der Radbremsen 16, 18, 20 und 22 enthält. Mit dem Bremspedal 2 ist ein nicht dargestellter Bremspedalschalter verbunden, welcher bei Betätigung des Bremspedals schließt, und eine ebenfalls nicht dargestellte Meßeinrichtung zur Erfassung der Auslenkung des Bremspedals. Ferner ist ein nicht dargestellter Pedalwegsimulator vorgesehen, welcher für den Fahrer bei Betätigen des Bremspedals eine Gegenkraft simuliert.

An den Hauptbremszylinder 1 sind zwei Bremskreise HZ1, HZ2 angeschlossen. Die jeweiligen Bremskreise HZ1, HZ2 weisen für jede Radbremse einen Druckmodulator für die Bremsdruckregelung auf. Ein Druckmodulator weist je ein Einlaßventil EVHR, EVHL, EVVL, EVVR und je ein Auslaßventil AVHR, AVHL, AVVL, AVVR auf. Man erkennt, daß die Einlaßventile als stromlos offene Ventile, und die Auslaßventile als stromlos geschlossene Ventile ausgebildet sind.

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Abschätzung des Druckes bzw. Druckhubes in den zu den jeweiligen Radbremsen führenden Leitungen.

Im folgenden wird am Beispiel eines stromlos offenen Einlaßventils ein Algorithmus vorgestellt, auf dessen Grundlage dieser Druck im Rahmen einer Fahrdynamikregelung in einfacher Weise abschätzbar ist. Es seien zunächst die Eingangsgrößen für den Algorithmus angegeben. Es sei

LMV\_b: Flag, welches angibt, ob eine PWM- bzw. LMV-Regelung des Einlaßventils aktiv ist oder nicht

$\Delta p_{Vent}$ : wirksame Druckdifferenz über dem Einlaßventil

$\Delta T_{Vent}$ : Zeitdauer der Stromabsenkzeit des Einlaßventils in ms

$u_{VentRad}$ : vom Regelalgorithmus im aktuellen Reglerzyklus ausgegebene Radventilansteuerzeit, insbesondere 0 bis 20 ms

$u_{VentRadK1}$ : vom Regelalgorithmus im vorhergehenden Reglerzyklus ausgegebene Ansteuerzeit, insbesondere 0 bis

20 ms

tastver: vom Regelalgorithmus im aktuellen Regelzyklus ausgegebene PWM-Spannung in Prozent der Spannung am Ventilrelais, die als Meßgröße dem Algorithmus zur Verfügung steht. Als Ventilrelais wird hierbei eine das Ventil steuernde Endstufe bezeichnet, welche Steuersignale eines Steuergeräts für das Ventil aufbereitet

dpvent: wirksame Druckdifferenz über einem Einlaßventil

Uvr: gemessene Spannung über dem Ventilrelais.

Ausgangsgröße des Algorithmus ist

uVentHiRes = effektive Radventilansteuerzeit. Diese Ansteuerzeit wird vom aufrufenden Modul des Steuergeräts zur Berechnung des Druckhubes im Radbremszylinder weiterverwendet.

Als im Rahmen des Algorithmus berechnete Signale werden verwendet:

toffen: berechnete effektive Offenzeit des Ventils in ms,

deltaT: berechnete Stromabsenkzeit, wenn dieses Signal nicht als Eingangsgröße zur Verfügung steht, und

xVentil: berechneter relativer Ventilhub bezogen auf den maximalen Ventilhub ( $0 \leq x_{\text{Ventil}} \leq 1$ ).

Schließlich werden verwendet:

P\_Lmvttau: elektromagnetische Zeitkonstante des Ventilmagneten des Einlaßventils, und

P\_LO, P\_L1, P\_L2, P\_L3, P\_L4:

Applikationsparameter zur exakten Berechnung des Ventilhubes.

In einem Schritt 1 wird zunächst festgestellt, ob eine über dem Einlaßventil anliegende Druckdifferenz einen vorgebaren Schwellwert, im vorliegenden Fall z. B. 1,0 bar, überschreitet. Hiermit wird sichergestellt, daß der Regelalgorithmus dann nicht eingesetzt wird, wenn der Differenzdruck über dem Eingangsventil diesen Schwellwert unterschreitet. Durch diese Maßnahme soll vermieden werden, daß große Fehler, welche bei geringen Differenzdrücken auftreten, sich nicht fortpflanzen und zu einer insgesamt unzuverlässigen Regelung führen (Vermeidung einer Akkumulation von Rechenfehlern).

Ist der Differenzdruck größer als der Schwellwert, wird ein Flag LMV\_b, welches nur die Werte 0 oder 1 annehmen kann, gesetzt. Für den Fall, daß der Differenzdruck über dem Eingangsventil den Schwellwert übersteigt, wird das Flag LMV\_b gleich 1 bzw. true gesetzt und der Algorithmus verzweigt zu einem Schritt 2. In diesem Schritt 2 wird die Offenzeit toffen des Ventils vorbelegt als effektive Radventilansteuerzeit UventHiRes, welche in diesem Beispiel Werte zwischen 0 und 20 ms annehmen kann. UventHiRes kann der in einem vorhergehenden Regelungszyklus ermittelte Wert, oder bei Initialisierung des Algorithmus ein vom Steuergerät vorgegebener Wert sein. Insbesondere 20 ms ist hierbei die Dauer eines Regelungszyklus.

Die effektive Radventilansteuerzeit ist insgesamt als die Zeit interpretierbar, in der das Einlaßventil vollständig geöffnet ist. Bei einer PWM-Ansteuerung bzw. LMV-Ansteuerung kann das Einlaßventil auch in eine Teiloffenstellung gebracht werden, so daß das Eingangsventil wie eine gesteuerte Blende eingesetzt werden kann. Um einen derartigen Teiloffenstellungs-Arbeitspunkt schnellstmöglich zu erreichen, ist es zweckmäßig, für die Dauer der sogenannten Stromabsenkzeit deltaT des Ventils einen minimalen PWM-Bestromungswert vorzugeben. Die damit verbundene Reduktion der effektiven Offenzeit bzw. Ansteuerzeit des Ventils wird aus Gründen der Absenkung des Geräuschniveaus im Schlupfregelbetrieb bei der Schätzung des Druckhubes im Radbremszylinder zweckmäßigerweise berücksichtigt, um eine qualitativ gute und leise Schlupfregelung zu erreichen.

Ferner wird in dem Schritt 2 der Ventilhub xVentil gemäß der Formel  $x_{\text{Ventil}} = (dp_{\text{Vent}} \times P_{L2} + P_{L3} + P_{L4} + U_{\text{vr}} \times \text{tastver}) / (P_{L0} + P_{L1} \times dp_{\text{vent}})$  berechnet bzw. abgeschätzt. Der Ventilhub xVentil wird hierbei relativ zum Maximalhub des Ventils betrachtet (xVentil geht anschließend linear in die Schätzung eines Druckaufbaugradienten (Druckhubes) ein). Die Spannung Uvr über das Ventilrelais stellt hierbei eine reduzierte Batteriespannung dar und ist im wesentlichen konstant. Das Tastverhältnis tastver des pulswertenmodulierten Ventilrelais ergibt, multipliziert mit der Spannung Uvr, die effektive, am Ventilrelais anliegende Spannung.

In einem anschließenden Schritt 3 wird festgestellt, ob die Stromabsenkzeit deltaT des Ventils gleich 0 ist oder nicht. Auf die Stromabsenkzeit kann beispielsweise aus dem aktuellen Betriebspunkt des Ventils geschlossen werden. Für bestimmte Betriebspunkte bzw. -zustände kann es sich als zweckmäßig erweisen, die Stromabsenkzeit gleich 0 zu setzen. Dieser letztere Fall wird weiter unten besprochen.

Ist die Stromabsenkzeit größer 0, verzweigt der Algorithmus zu einem Schritt 9, in dem toffen gleich dem bisherigen Wert toffen vermindert um deltaT gesetzt wird. In einem anschließenden Schritt 10 wird die wirksame Ansteuerzeit des Ventils UventHiRes als Produkt der Faktoren xVentil und toffen berechnet. Die wirksame Ansteuerzeit des Ventils uVentHiRes ist hierbei als Zeit interpretierbar, in welcher eine anstelle des Ventils eingesetzte gesteuerte Blende geöffnet wäre.

Da die Regelungszyklusdauer in diesem Beispiel 20 ms beträgt, wird in einem anschließenden Schritt 14 die wirksame Ansteuerzeit UventHiRes auf zwischen 0 und 20 ms liegend begrenzt.

Die so ermittelte wirksame Ansteuerzeit UventHiRes ermöglicht eine zuverlässige und genaue Abschätzung des Druckhubes dpRad in einem dem betrachteten Einlaßventil zugeordneten Radbremszylinder. Unter Druckhub wird hierbei die Druckdifferenz zwischen zwei aufeinanderfolgenden Regelungszyklen verstanden. Wie an sich bekannt ist, erfolgt bei einer Fahrdynamikregelung aus der Radventilansteuerzeit (UventRad) einer im Programmtext des Steuergeräts abgelegten Druck-Volumenkennlinie des Radbremszylinders (pvkenn), der Quadratwurzel der wirksamen Druckdifferenz über dem Ventil  $\text{SQRT}(dp_{\text{Vent}})$  sowie entsprechenden Umrechnungskonstanten KNorm eine Berechnung bzw. Abschätzung des Druckhubes im Radbremszylinder. Allgemein gilt die Formel

$$dp_{\text{Rad}} = pvkenn \times u_{\text{VentRad}} \times \text{SQRT}(dp_{\text{Vent}}) \times k_{\text{Norm}}.$$

Diese Beziehung kann aufgespalten werden in zwei Teilberechnungen der Form  $Q = u_{\text{VentRad}} \times \text{SQRT}(dp_{\text{Vent}}) \times k_{\text{Norm}1}$  und  $dp_{\text{Rad}} = pvkenn \times Q \times k_{\text{Norm}2}$ . Hierbei stellt Q ein Volumenstromäquivalent im Sinne der Bernoulligleichung dar.

Es sei angemerkt, daß die Radventilansteuerzeit  $uVentRad$  positive wie auch negative Werte annehmen kann, wobei als positive Werte diejenigen Werte angesehen werden, welche eine Öffnung des Einlaßventils verursachen. Die obige Berechnung der wirksamen Ansteuerzeit gilt insbesondere für derartige Ansteuerwerte eines Einlaßventils.

Der Fall, daß die Stromabsenkzeit  $\Delta T$  gleich 0 festgestellt wird, wird im folgenden behandelt. In diesem Fall verzweigt der Algorithmus von dem bereits behandelten Schritt 3 zu einem Schritt 4. Hier wird ermittelt, ob die Ansteuerzeit aus dem aktuellen Zyklus des Regelalgorithmus größer 0 ist. Für den Fall, daß sich an dieser Stelle  $uVentRad$  gleich 0 ergibt, folgt, daß im aktuellen Zyklus keine Einlaßventilansteuerung vorliegt und daher kein Druckhub vorliegt. Ist die Ansteuerzeit größer 0, wird darauf geschlossen, daß das Eingangsventil während des aktuellen Zyklus angesteuert war. In einem anschließenden Schritt 5 wird festgestellt, ob die Ansteuerzeit  $uVentRadK1$  in einem vorangegangenen Zyklus kleiner oder gleich 0 war. Ist dies der Fall, wird darauf geschlossen, daß das Eingangsventil im vorangegangenen Zyklus angesteuert war. In diesem Fall wird in einem anschließenden Schritt 6  $\Delta T$  vorbelegt als  $P\_Lmvt\tau$  mal dem natürlichen Logarithmus des Tastverhältnisses.  $P\_Lmvt\tau$  ist, wie bereits oben erwähnt, die elektromagnetische Zeitkonstante des Ventilmagneten. Im Schritt 6 erfolgt ferner eine Begrenzung von  $\Delta T$  auf Werte z. B. zwischen 0 und 10 ms. Dies erweist sich bei einer Zykluszeit in diesem Beispiel von 20 ms als zweckmäßig. Der Maximalwert von  $\Delta T$  ist also z. B. die halbe Zykluszeit. Es erfolgt anschließend eine neue Vorbelegung des Wertes  $\Delta T$  als  $\Delta T$  vermindert um  $\Delta T$ .

Wenn in dem Schritt 5 jedoch festgestellt wird, daß die Ansteuerzeit im vorangegangenen Zyklus nicht kleiner gleich 0 war, wird in einer weiteren Verzweigung in einem Schritt 7 festgestellt, ob diese Ansteuerzeit des vorangegangenen Zyklus  $uVentRadK1$  größer gleich hier 20 ms war. Ist dies der Fall, kann darauf geschlossen werden, daß das Eingangsventil im vorangegangenen Zyklus unbestromt war. In diesem Fall wird  $\Delta T$  vorbelegt als  $uVentRad + P\_Lmvt\tau \times (1,0/x\text{ Ventil} - 1,0)$  (Schritt 8).

Die so ermittelten Werte für  $\Delta T$  können, für den Fall, daß festgestellt wird, daß die Ansteuerzeit des aktuellen bzw. vorangegangenen Regelalgorithmus größer bzw. kleiner 0 war, anstelle der in Schritt 2 vorbelegten Offenzeit des Ventils bei der in Schritt 10 stattfindenden Berechnung der wirksamen Ansteuerzeit des Ventils verwendet werden.

Für den Fall, daß im Schritt 1 festgestellt wird, daß der Differenzdruck über dem Eingangsventil den voreingestellten Schwellwert nicht überschreitet, verzweigt der Algorithmus von Schritt 1 zu Schritt 11. In diesem Schritt 11 wird geprüft, ob  $uVentRad$  größer als hier 20 ms ist. Ist dies der Fall, kann darauf geschlossen werden, daß das Eingangsventil aktuell unbestromt ist. Es erfolgt in diesem Fall eine Verzweigung zu einem weiteren Schritt 12, in welcher geprüft wird, ob die Radventilansteuerzeit des vorangegangenen Zyklus kleiner gleich in diesem Beispiel 20 ms war. Ist dies der Fall, wird darauf geschlossen, daß das Eingangsventil im vorangegangenen Zyklus unbestromt war. Für den Fall, daß die Ventilansteuerzeit des vorangegangenen Zyklus kleiner gleich hier insbesondere 20 ms war, wird in einem Schritt 13 die wirksame Ansteuerzeit  $uVentHiRes$  vorbelegt als  $uVentHiRes$  (z. B. vom Steuergerät vorgegeben) vermindert um  $2,0 \times P\_Lmvt\tau$ . Für den Fall, daß, wie in Schritt 1 festgestellt, der Differenzdruck über dem Eingangsventil den vorgegebenen Schwellwert nicht überschreitet, erweist es sich als zweckmäßig, diesen in Schritt 13 berechneten Wert  $uVentHiRes$  bei einer nachfolgenden Berechnung des Ventilhubes zu verwenden.

Der vorgestellte Algorithmus dient insgesamt zur Bestimmung der wirksamen Ansteuerzeit des Ventils sowie der korrekten Umrechnung bzw. Verwendung dieser Ansteuerzeit für die Bestimmung des Druckhubes im Radbremszylinder. Der Algorithmus wird pro Zyklus für jeden Radbremszylinder einmal durchlaufen. Der Algorithmus ermöglicht eine einfache und genaue Berechnung der Druckhübe im Radbremszylinder insbesondere auch bei einer LMV-Ansteuerung der Einlaßventile.

Die verwendeten Zeiten, insbesondere die hier genannten 20 ms, können dabei abhängig von den verwendeten Stillelementen, insbesondere Ventilen, der Druckmodulatoren, insbesondere bei Verwendung von elektromagnetischen oder kapazitiven Stillelementen, variieren.

Auch der Entscheidungswert 0 ist hier beispielhaft eingesetzt. Werden Stillelemente verwendet, die bei Ansteuerung bzw. Energiezufuhr anders als die hier gezeigten reagieren, insbesondere verzögert ansprechen, können von 0 verschiedenen Entscheidungswerte sinnvoll sein.

Das erfindungsgemäße Verfahren wird dabei in einer Steuereinheit bzw. einem Steuergerät abgearbeitet, welche die benötigten Größen empfängt bzw. diese aus empfangenen Größen ermittelt und Aktuatoren, insbesondere die vorgenannten Stillelemente, entsprechend ansteuert.

Das Verfahren ist bei der in Fig. 1 dargestellten Bremsanlage ebenso anwendbar, wie in bei anderen, nicht dargestellten Bremssystemen, wie insbesondere weiteren elektrohydraulischen oder hydraulischen Systemen oder bei Brake-by-wire Systemen mit hydraulischer Rückfallebene. Dabei kann das Verfahren in bei diesen Systemen vorhandene Steuereinheiten implementiert und von diesen abgearbeitet werden oder in einer eigenen Steuereinheit implementiert und abgearbeitet werden. Dazu kann der Algorithmus des Ausführungsbeispiels in Form von Programmcode auf einem Datenträger zur Implementierung und Abarbeitung in einer Steuereinheit gespeichert sein.

Ein den Algorithmus in seiner Gesamtheit beschreibendes Listing ist im folgenden angefügt:

```

if LMV_b == TRUE && ( dpVent > 1.0bar )
then
    toffen := uVentHiRes.
    xVentil = ( dpVent*P_L2+P_L3 +P_L4*Uvr*tastver) / (P_L0+P_L1*dpVent)
    if deltaT == 0
    then
        if uVentRad > 0 ... EV war im Zyklus angesteuert
        then
            if uVentRadK1 <= 0 ... im vorherigen Zyklus bestromt
            then
                deltaT := - P_Lmytau * natuerlicherLogarithmus(tastver)
                Begrenzung : deltaT := 0 ... deltaT ... 10 ms )
                toffen := toffen - deltaT
            else
                if uVentRadK1 >= 20ms ... EV war unbestromt
                then
                    toffen := uVentRad + P_Lmytau*(1.0/xVentil-1.0)
                endif
            endif
        endif
    else
        toffen := toffen - deltaT
    endif
    Begrenzung: toffen >= 0
    uVentHiRes := xVentil * toffen
else
    if uVentRad > 20 ms ... EV ist aktuell unbestromt
    then
        if Im Zyklus vorher war EV bestromt
        uVentRadK1 <= 20 ms
        then
            uVentHiRes := uVentHiRes - 2.0 * P_Lmytau
        endif
    endif
endif
Begrenzung: 20ms <= uVentHiRes <= 0

```

Ende des Algorithmus

## Patentansprüche

- Verfahren zum Abschätzen des Druckes bzw. Druckhubes in einem Radbremszylinder, insbesondere im Rahmen einer Fahrdynamikregelung, mit folgenden Schritten:
  - Berechnung einer einem aktuellen Reglerzyklus zuordenbaren effektiven Ansteuerzeit  $uVentHiRes$  eines den Radbremszylinder beaufschlagenden Stellelementes, insbesondere eines PWM-angesteuerten Ventils, auf der Grundlage einer von einem Steuergerät im Rahmen des aktuellen Reglerzyklus vorgebbaren Ansteuerzeit  $uVentRad$  oder einer einem vorangegangenen Reglersystem zuordenbaren effektiven Ansteuerzeit und eines bezüglich eines Maximalhubes relativen Hubes  $xVentil$  des Stellelementes, insbesondere Ventils,
  - Berechnung eines Druckhubes des Radbremszylinders zwischen zwei aufeinanderfolgenden Reglerzyklen auf der Grundlage
    - einer von dem Steuergerät abrufbaren Druck/Volumen-Kennlinie des Stellelementes,
    - einer wirksamen Druckdifferenz über dem Stellelement, und
    - der berechneten wirksamen Ansteuerzeit.
- Verfahren nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch ein Abschätzen des Druckes in dem Radbremszylinder auf der Grundlage eines in einem vorangegangenen Reglerzyklus festgestellten Druckes und des in einem aktuellen Reglerzyklus berechneten Druckhubes.
- Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß bei der vom Steuergerät vorgegebenen Ansteuerzeit und/oder bei der Berechnung der effektiven Ansteuerzeit eine Stromabsenk- bzw. -anstiegszeit  $\Delta T$  des

Stellelementes, insbesondere Ventils, berücksichtigt wird.

4. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß als Bedingung für seine Durchführung eine voreinstellbare Mindestdruckdifferenz über dem Stellelement, insbesondere Ventil, festgestellt wird.

5. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß es sich bei dem den Radbremszylinder beaufschlagenden Stellelement um ein stromlos offenes Einlaßventil handelt.

6. Steuereinheit mit wenigstens einem Prozessor und wenigstens einem Speichermittel, wobei in dem Speichermittel wenigstens ein Algorithmus in Form von Programmcode gespeichert ist und die Steuereinheit gemäß dem Algorithmus ein Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5 durchführt.

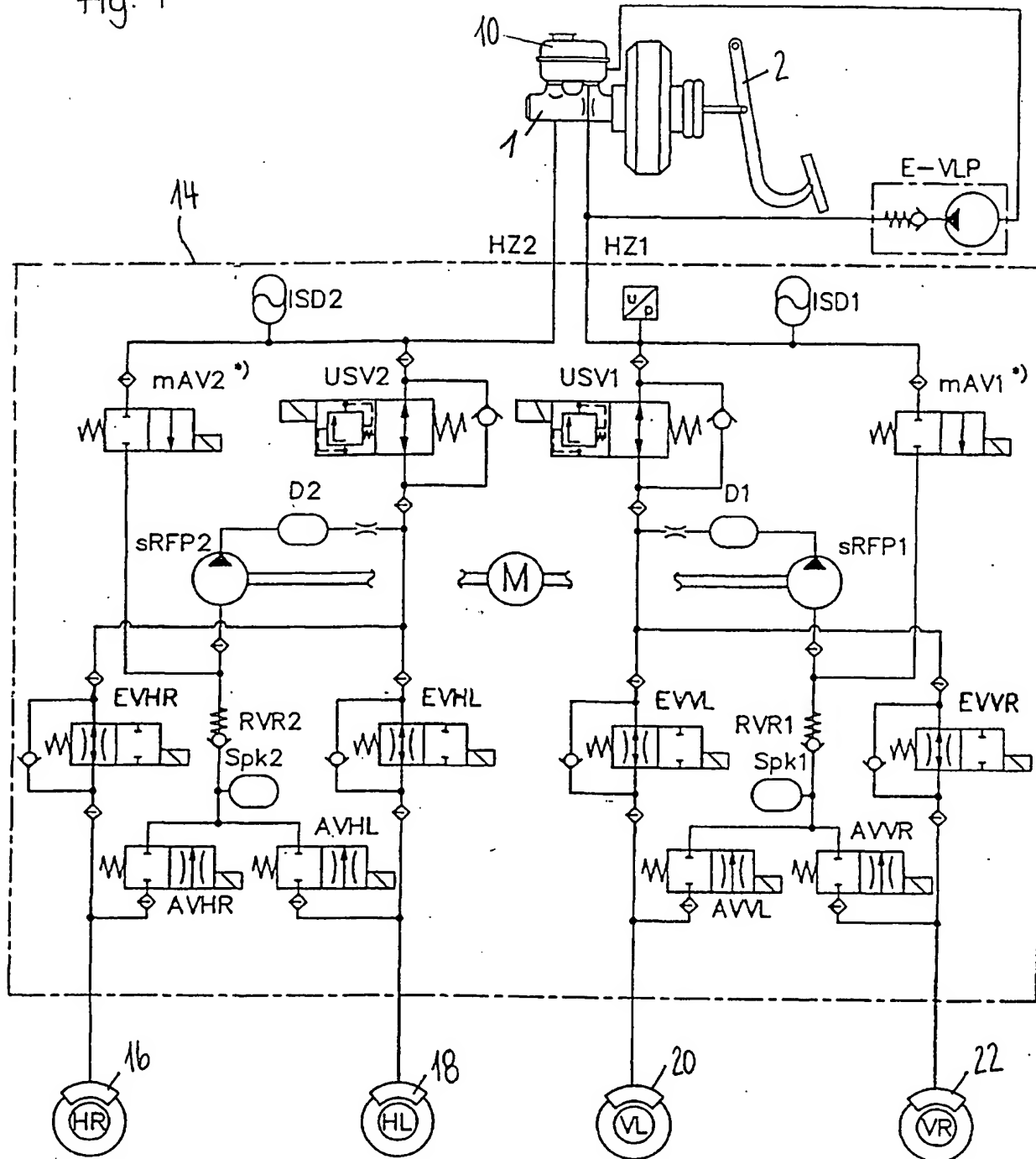
7. Datenträger auf dem wenigstens ein Algorithmus in Form von Programmcode gespeichert ist, wobei eine Steuereinheit nach einem Einlesen des Datenträgers in der Lage ist ein Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5 durchzuführen.

---

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

---

Fig. 1



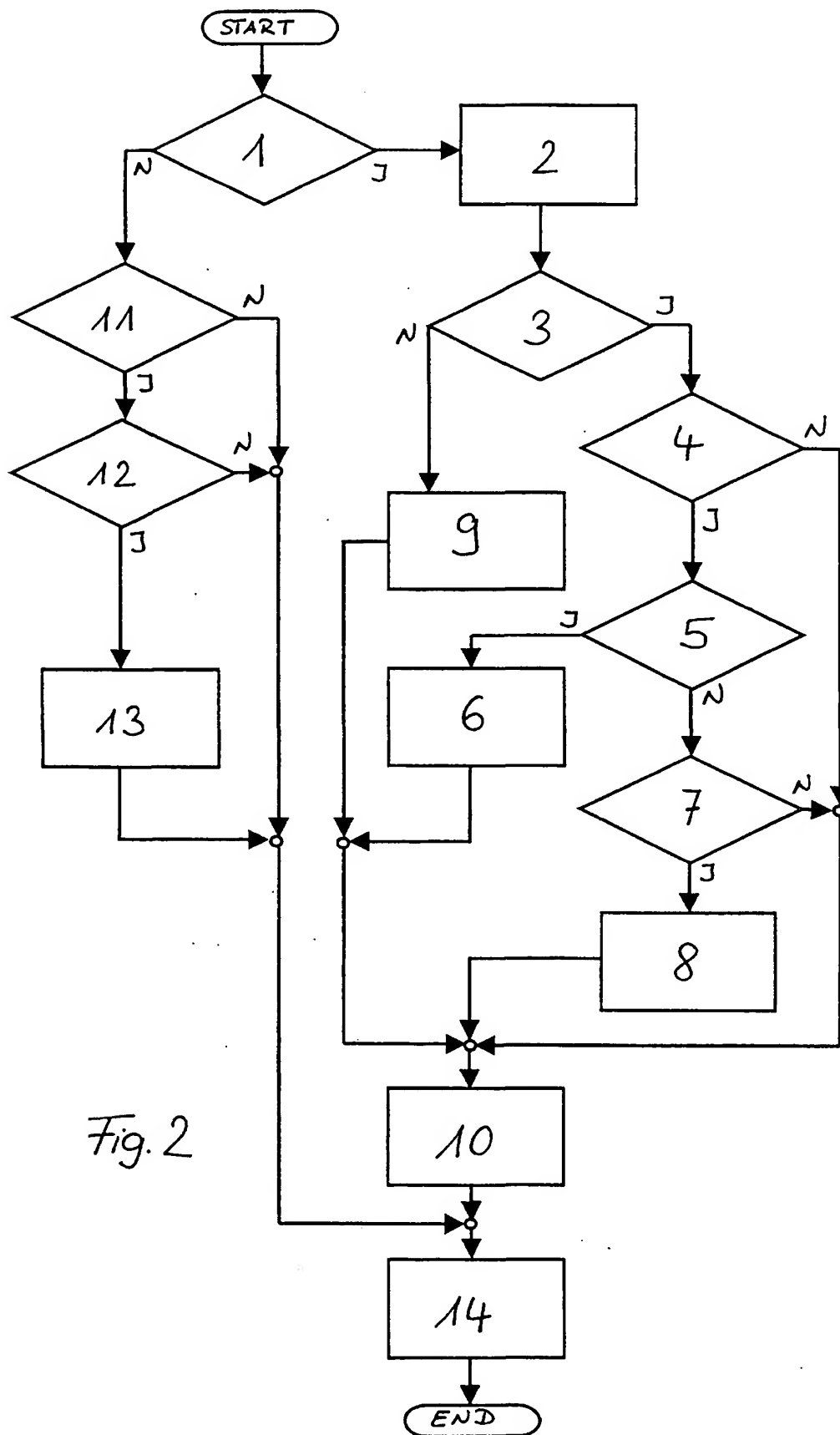


Fig. 2